

La Climatología Sinóptica en Cuba. Parte 1: Evolución de los estudios sobre los tipos de situaciones que afectan a Cuba



<https://cu-id.com/2377/v29n4e03>

Synoptic climatology of Cuba. Part 1: Evolution of studies on the types of situations that affect Cuba

✉ Luis B. Lecha Estela*, ✉ Edgardo Soler Torres

Centro Meteorológico de la Isla de la Juventud. E-mail: edgardosoler2@gmail.com

RESUMEN: El informe se fundamenta en 118 referencias con información de los estudios realizados sobre los procesos sinópticos que influyen sobre Cuba (98 cubanas y 20 extranjeras). Se realizó una periodización de los estudios, la cual permite establecer tres etapas: la primera abarca los siglos XIX y XX hasta el año 1980, en la cual se agrupan los estudios iniciales sobre el clima de Cuba, hasta llegar a los estudios realizados en las primeras décadas de la Revolución. La segunda etapa comienza en 1980, caracterizada por las investigaciones asociadas a las primeras tesis doctorales de especialistas cubanos, las investigaciones en el seno del Laboratorio Conjunto Cubano-Soviético de Meteorología Tropical y el auge de los estudios climatológico-sinópticos, en su mayoría recogidos en importantes publicaciones como El Nuevo Atlas Nacional de Cuba, el libro El Clima de Cuba y las primeras comunicaciones nacional de Cuba a la CMNUCC. La tercera y última etapa, se corresponde con una etapa de consolidación de los estudios sobre los procesos sinópticos que afectan al país, el análisis de su génesis, las variaciones y cambios asociados a los efectos ya presentes del cambio climático, así como los impactos observados. Termina con la descripción del reciente Catálogo de los TSS que influyen sobre Cuba. Finalmente, se valora la importancia de esta rama de la ciencia meteorológica, sus requerimientos de homogeneidad y actualización, así como la conveniencia de trabajar en el desarrollo futuro de nuevos criterios objetivos de clasificación de los procesos sinópticos que afectan a Cuba.

Palabras claves: Circulaciones atmosféricas, Clasificación de los procesos sinópticos, la Meteorología en Cuba.

ABSTRACT: The report is based on 118 references with information from studies carried out on the synoptic processes that influence Cuba (98 Cuban and 20 foreign). A periodization of the studies was carried out, which allows establishing three stages: the first covers the 19th and 20th centuries until 1980, in which the initial studies on the climate of Cuba are grouped, until reaching the studies carried out in the first decades of the Revolution. The second stage begins in 1980, characterized by research associated with the first doctoral theses of Cuban specialists, research within the Joint Cuban-Soviet Laboratory of Tropical Meteorology and the rise of climatological-synoptic studies, mostly collected in important publications such as The New National Atlas of Cuba, the book The Climate of Cuba and the first national communications from Cuba to the UNFCCC. The third and final stage corresponds to a stage of consolidation of studies on the synoptic processes that affect the country, the analysis of their genesis, the variations and changes associated with the already present effects of climate change, as well as the observed impacts. It ends with the description of the novel Catalog of the TSS that influence Cuba. Finally, the importance of this branch of meteorological science is assessed, its requirements for homogeneity and updating, as well as the convenience of working on the future development of new objective criteria for the classification of synoptic processes that affect Cuba.

Key words: Atmospheric circulations, Classification of synoptic processes, Meteorology in Cuba.

*Autor para la correspondencia: Luis B. Lecha Estela. E-mail: luis.lecha@gmail.com

Recibido: 25/06/2023

Aceptado: 13/10/2023

Conflicto de intereses: los autores del artículo declaran que no existen conflictos de intereses.

Contribución de los autores: ambos autores han tenido una contribución equivalente en todos los aspectos relativos a la elaboración del artículo. **Luis B. Lecha Estela** realizó la primera redacción y organización del texto, mientras que **Edgardo Soler Torres** tuvo a su cargo la revisión final del contenido y verificó el cumplimiento de las Normas Editoriales.

Este artículo se encuentra bajo licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

INTRODUCCIÓN

La realización de observaciones regulares de variables meteorológicas en Cuba data de 1794, las que son sistematizadas por Don Antonio de Robledo entre 1796 y 1799 (Ramos, 2005). Otros naturalistas también se ocuparon de las mediciones del tiempo, uno de ellos el español Ramón de la Sagra lo hizo entre los años 1825 y 1831. Sin embargo, las raíces de la Meteorología en Cuba son situadas por varios autores mucho antes, asociándola a la descripción de fenómenos atmosféricos aparecidas en el diario del Gran Almirante Cristóbal Colón en sus primeros viajes a Cuba (Pezuela, 1842 y Millás, 1946) citados por Ortiz (1987).

En la primera década del siglo XIX visitó a Cuba Alejandro de Humboldt. Este viaje fue un magnífico resumen de sus días en la mayor de las Antillas. Sus aportes al conocimiento de la naturaleza cubana y su clima fueron importantes para la época. Gracias a la contribución de Humboldt, en el Censo de Cuba de 1846 aparece una descripción del clima del país, donde se destaca la diferencia estacional en la génesis y características de los principales procesos meteorológicos influyentes (O'Donnell, 1847). Desde este momento, los sucesivos censos nacionales incorporan un capítulo dedicado específicamente al clima cubano (Olmsted, 1908), y en el Censo de 1943 se incluye por primera vez una clasificación muy primaria de los procesos meteorológicos, destacando su origen tropical o extratropical (Salcedo, 1945).

En 1857, unos años antes a la fundación del Observatorio de La Habana, se había establecido el Observatorio del Colegio de Belén (Gutiérrez - Lanza, 1904) citado por Ramos (1996), el cual alcanza renombre internacional a partir de 1870, cuando asume su dirección Benito Carlos José Viñes Martorell (s.j.), meteorólogo y astrónomo, quien organiza el trabajo regular de una red de observadores voluntarios con ayuda de la Cámara de Comercio de La Habana y de algunas empresas navieras, encaminando las investigaciones hacia el estudio de la circulación ciclónica de las corrientes atmosféricas.

En la primera década del pasado siglo XX se establece en Cuba el intercambio de datos de las estaciones cubanas -preludio de la red meteorológica actual- con las del continente norteamericano; se organizan los corresponsales voluntarios y se adquiere instrumental de medición bajo créditos gubernamentales, quedando conformado un sistema de adquisición, almacenamiento, procesamiento y difusión de la información meteorológica (Ortiz, 1987).

El análisis diario de mapas del tiempo, incluyendo observaciones de las estaciones del continente norteamericano, se introduce en 1916 por recomendación del ingeniero José Carlos Millás, quien sería nombrado director del Observatorio Nacional (ON) en 1921 (Ramos, 2005). Este fue el paso inicial para el

posterior desarrollo de las investigaciones sinóptico-climatológicas en Cuba, basadas fundamentalmente en la clasificación diaria de los patrones de la circulación atmosférica.

MÉTODOS

El trazado y la configuración de las líneas isobaras en los mapas del tiempo permite identificar las posiciones de los sistemas de altas y bajas presiones, las características de las masas de aire, ciclones, anticiclones, vaguadas y demás sistemas meteorológicos que están presentes en una zona geográfica dada, en un momento específico.

Como las observaciones meteorológicas se hacen cada tres horas, en la práctica se pueden hacer hasta ocho mapas sinópticos diarios, y es precisamente el análisis del cambio (dinámica de transformación) de los patrones isobáricos lo que permite analizar y conocer cómo están cambiando las condiciones del tiempo en esa región.

La climatología sinóptica es el estudio de la relación entre la circulación atmosférica y el medio ambiente en superficie (Barry y Perry, 1973). Para establecer esta relación, la climatología sinóptica contiene dos etapas, la primera etapa es la clasificación de la circulación atmosférica; la segunda es la determinación de la relación entre las categorías de circulación y los elementos del medio ambiente en superficie (Yarnal y Draves, 1993).

Muchos enfoques se han desarrollado para la climatología sinóptica, pero todos pueden ser agrupados en uno de estos dos: *circulación atmosférica a ambiente en superficie o ambiente en superficie a circulación atmosférica*. La distinción entre los dos enfoques está en la forma en que se relacionan entre sí la circulación y el medio ambiente en superficie; a partir de lo cual se establece el objetivo tradicional de la climatología sinóptica: *comprender las relaciones entre la circulación atmosférica y el ambiente superficial* (Yarnal et al., 2001).

Un proceso de clasificación es la agrupación de entidades, es decir, de objetos y fenómenos en un cierto número de grupos (clases, tipos, conjuntos) sobre la base de sus propiedades, y las entidades de un grupo, que muestran algunas características similares, mientras que existen diferencias entre los grupos. El método de clasificación se desarrolla con el tiempo, por lo que existen diferentes enfoques metodológicos y de aplicación.

La medida de similitud/desigualdad entre los elementos de un conjunto o subconjunto representa las relaciones cualitativas y cuantitativas entre ellos. Esto significa que la clasificación no es un proceso mecánico. Las relaciones entre los miembros de una clase se organizan sistemáticamente y de ellas podemos obtener nuevos conocimientos y vínculos causales (Stanolevic, 2010).

La clasificación es uno de los métodos estadísticos más utilizados en las ciencias atmosféricas. Existen diferentes formas y enfoques para clasificar los patrones de circulación atmosférica. Dos pasos sucesivos en el procedimiento de clasificación son: la definición de tipos y la asignación de casos a los tipos. Esos procesos pueden estar guiados por el conocimiento de expertos o por modelos matemáticos y estadísticos. Existen tres grupos principales de clasificación: clasificación subjetiva, objetiva y mixta de la circulación atmosférica. Los tipos de circulación se definen antes de la etapa de asignación o los tipos se derivan y evolucionan durante el propio proceso de clasificación (Huth et al., 2008).

La clasificación manual subjetiva de los patrones de circulación atmosférica ha sido durante mucho tiempo un pilar metodológico de la climatología sinóptica. La tipificación manual no se replica fácilmente y requiere un esfuerzo intenso en el trabajo del investigador, pero al mismo tiempo, el método permite al analista informado una mayor comprensión de las sutilezas climáticas que de otro modo podrían no ser identificadas (Yarnal et al., 2001).

Frakes y Yarnal (1997), señalan como los inconvenientes principales de la técnica de clasificación manual: ser altamente subjetiva (lo que impide su reproducción) y requerir de una gran laboriosidad. Sin embargo, Hoy et al. (2011) destaca entre las ventajas la disponibilidad de series largas de datos, por lo tanto, las conclusiones son más sólidas; así como, mejor generalización de los procesos dinámicos y posibilidad de ajuste de los datos faltantes por el ojo humano.

Las clasificaciones subjetivas generalmente consisten en largos conjuntos de datos, algunos de los cuales abarcan más de 100 años; en consecuencia, representan una importante fuente de datos para estudiar la variabilidad y el cambio climático en el siglo XX y principios del XXI. En la literatura se pueden encontrar diversas clasificaciones subjetivas definidas a diferentes escalas, desde la local, hasta la hemisférica o global. Sólo existen unas pocas clasificaciones para todo el hemisferio Norte, entre ellas, las más conocidas son las clasificaciones de Wangengeim-Girs y de Dzerdzeevskii. Durante varias décadas se han establecido y publicado catálogos de estas clasificaciones diarias (Brenčić, 2016).

Estadísticamente hablando, estos catálogos de clasificaciones representan series temporales de valores simbólicos que se pueden definir como series temporales de tipos de datos categóricos o series temporales categóricas. Comprender la relación entre la variabilidad climática y el cambio climático es uno de los retos científicos más importantes de la actualidad; las categorías de series temporales de patrones de la circulación atmosférica representan conjuntos de datos con los que es posible estudiar estas relaciones (Brenčić, 2016).

En la clasificación Dzerdzeevskii se dan las características de 41 subtipos de mecanismos elementales de circulación (MEC), que cubren todas las formas de circulación observadas desde el año 1899. A los esquemas dinámicos de los MEC construidos por Dzerdzeevskii (1968), basados en datos del período 1899-1966, se sumaron los esquemas similares obtenidos por Savina y Khmelevskaya (1984) referidos al período subsiguiente 1967-1979. Posteriormente, Kononova (2009) extiende la clasificación hasta el año 2008 e incorpora el mismo análisis para los procesos de la circulación en el hemisferio Sur. Actualmente, la serie para el hemisferio Norte de los MEC está actualizada hasta el año 2019 y fue utilizada en el marco de las actividades científicas realizadas por el proyecto “Influencia de los procesos de la circulación atmosférica en la génesis de los efectos meteorológico-tropicales que ocurren en Cuba” (INSMET, 2019).

Lo expresado sobre la clasificación Dzerdzeevskii, así como, la transparencia y disponibilidad de sus series de datos determinaron su selección para integrar la definición regional de los procesos sinópticos y su posible influencia sobre la escala local o de impacto, con la dinámica de la circulación general de la atmósfera.

La circulación general de la atmósfera (CGA) es el sistema fundamental a gran escala del movimiento del aire en la troposfera, la estratosfera y en la baja mesosfera. Su dinámica regula y explica todos los movimientos generales que ocurren en la atmósfera, como un solo y gran sistema, jugando el papel cimero en el clima de las diferentes regiones de la Tierra. Sin embargo, la influencia e interacciones de la CGA con el clima y las actividades humanas hay que analizarla por partes.

Los procesos globales actúan como el marco general de referencia para evaluar las tendencias del clima a largo plazo, monitorear los cambios graduales de los macroprocesos de la circulación atmosférica, que van modificando los patrones de adaptación de las distintas poblaciones; también, el vínculo físico entre las condiciones del tiempo y los seres vivos en las diferentes regiones del planeta. En este nivel de referencia climática y meteorológica, el estudio de la variabilidad multianual, adquiere un peso determinante en el análisis de los procesos y elementos que integran el Sistema Climático.

En el nivel regional, estudiar la estacionalidad de los procesos y elementos desempeña el papel determinante, ya que los cambios estacionales de los patrones regionales de la circulación atmosférica definen la adaptación secuencial a través de las diferentes épocas del año; que puede cambiar de un año al siguiente, lo cual condiciona o influye en las características de las migraciones transitorias de grandes grupos de poblaciones animales y humanas, así como en las diferencias estacionales de hábitos, costumbres, formas de vida y alimentación.

En el nivel local o de impacto, es donde la influencia de los procesos sinópticos está estrechamente relacionada con los factores físico-geográficos del entorno cercano al hombre, determinando la formación de microclimas muy específicos y diversos (urbano, rural, de costas, de montaña). En este nivel de referencia, la variación a corto plazo del estado del tiempo resulta el componente más relevante para evaluar los posibles impactos de ciertas condiciones atmosféricas, que pueden dar lugar a la ocurrencia de efectos meteorotrópicos peligrosos o dañinos para los seres vivos, junto a la influencia de otros factores ambientales y físico-geográficos potencialmente presentes.

DESARROLLO Y DISCUSIÓN

Los estudios sobre tipos de situaciones sinópticas que influyen en Cuba

La clasificación de los tipos de situaciones sinópticas (TSS) constituye una necesidad para poder realizar la climatología de los procesos atmosféricos que influyen sobre una región o país. La forma más simple para clasificar los TSS es mediante la agrupación de patrones isobáricos similares que aparecen en los mapas del tiempo, conformando grupos con los mapas donde predominan situaciones sinópticas con estructuras y distribuciones semejantes.

En el ámbito internacional durante la primera mitad del siglo XX se desarrolla rápidamente la Meteorología Sinóptica y como consecuencia, avanzan también los estudios sobre la climatología de los procesos atmosféricos que ocurren en la troposfera. Surgen los primeros trabajos en el campo de la Climatología Sinóptica, con resultados que priorizaron el estudio y descripción de las características medias mensuales, dinámica estacional y tendencias multianuales de los principales procesos de la circulación general de la atmósfera, por ser este uno de los tres factores formadores del clima local.

Siglos XIX y XX hasta 1980: Primeros estudios de situaciones sinópticas en Cuba

Durante finales del siglo XIX, independientemente de los éxitos prácticos en la predicción de las trayectorias de los huracanes, las publicaciones de los resultados obtenidos por Viñes s.j. (1878, 1895) en las investigaciones relativas a la circulación y traslación ciclónica en los huracanes de las Antillas, a partir de sus observaciones, han permitido comprobar que sus conclusiones difieren muy poco de las obtenidas por meteorólogos contemporáneos con modernos equipos de medición, redes de observación mucho más densas y sensores complejos de alta tecnología.

Posteriormente, durante toda la primera mitad del siglo XX solo se han encontrado dos publicaciones nacionales relevantes sobre el clima de Cuba, ambas

también referidas a los huracanes (Gutiérrez Lanza, 1928 y Vázquez, 1939).

Es mediante la colaboración con especialistas extranjeros, que a partir de 1962 se inician estudios sobre el valor del clima cubano como recurso natural (Davitaya y Trusov, 1965), sobre las precipitaciones (Trusov, 1967) y en función de grandes inversiones, como fue el caso del proyecto técnico de la central electro-nuclear que se iba a construir en la zona de Juraguá, provincia de Cienfuegos (Lecha y Fernández, 1978).

1980-2008: Desarrollo de la climatología sinóptica en Cuba

A comienzos de los años 80 del siglo XX ocurren varios acontecimientos que favorecen el comienzo de una línea de investigaciones climatológico-sinóptica en el Instituto de Meteorología. En primer lugar, se inicia el fortalecimiento académico de los recursos humanos de la institución, a partir de las oportunidades de formación profesional que se abren en los antiguos países socialistas y especialmente en la URSS.

En los primeros años de esta etapa se generan diversos estudios, tesis de doctorado y publicaciones, que tratan de establecer los fundamentos de los pronósticos de fenómenos meteorológicos peligrosos como los huracanes (Meulenert, 1982), los vínculos de causa vs efecto entre los procesos sinópticos y elementos principales del clima cubano como las precipitaciones (Trusov et al., 1983); los procesos formadores del clima de la región central de Cuba (Lecha, 1984); su relación con el régimen térmico (Fernández, 1987); las características estacionales de la circulación atmosférica sobre Cuba (Lecha y Llanes, 1988); la influencia anticiclónica continental sobre Cuba y los tipos de circulación asociados en superficie (Lecha et al., 1990); y las características de la circulación atmosférica invernal influyentes sobre los estados del tiempo diarios (Sardiñas et al., 1990).

A finales de los años 80, comienzan las defensas de las primeras tesis doctorales nacionales: Lapinel (1988) presenta una clasificación subjetiva de los tipos de situaciones sinópticas que tienen una relación definida con la ocurrencia o no de precipitaciones en el territorio nacional; mientras, que Rubiera (1991) realiza estudios sobre la climatología de los procesos sinópticos predominantes en la troposfera media, en función del pronóstico de las precipitaciones.

Otra oportunidad importante se abrió en el marco de las actividades científicas que se ejecutaron por el Laboratorio Conjunto Cubano-Soviético de Meteorología Tropical. Con apoyo de especialistas de la antigua URSS, se realizaron nuevas investigaciones que fortalecieron la base sinóptico-climatológica y el conocimiento más detallado de los procesos formadores del clima del país.

Este amplio conjunto de resultados quedó recogido en las publicaciones y tesis ya mencionadas, en la sección VI del *Nuevo Atlas Nacional de Cuba* (1987), en la monografía “Los recursos climatoterapéuticos de Cuba” (CenClim, 1989), en el contenido de los Estudios de los Grupos Insulares y Zonas Litorales del Archipiélago Cubano con Fines Turísticos (ICGC, 1990), así como, en el libro “El clima de Cuba” (Lecha et al., 1994a), que obtuvo el premio de la crítica científica de ese año.

El coherente proceso de desarrollo de los recursos humanos y la colaboración internacional permitieron aumentar el conocimiento sobre los procesos formadores del clima cubano, las características de los fenómenos meteorológicos peligrosos, las influencias de los procesos sinópticos en la formación de los estados del tiempo diarios y en el comportamiento espacio-temporal de los principales elementos meteorológicos, tales como las precipitaciones y el régimen térmico.

Bajo la dirección de especialistas cubanos y extranjeros, se iniciaron estudios y cronologías de varios tipos de situaciones sinópticas: de los sistemas frontales (Rodríguez et al., 1984), actualizada después por González (1999) hasta la temporada invernal de 1996-1997; de los sistemas prefrontales que afectan el occidente de Cuba (Córdoba y Alfonso, 1992); de los “Sures” que habían afectado a la mitad occidental de Cuba hasta el año 1984 (Rodríguez y Ballester, 1987a); la climatología de las tormentas locales severas en Cuba (Alfonso, 1994), actualizada después por Aguilar et al. (2005). Y muy especialmente, la cronología de los huracanes que afectaron a Cuba en los 200 años comprendidos entre 1785 y 1984 (Rodríguez y Ballester, 1987b), que ha tenido sucesivas actualizaciones hasta el presente (Pérez et al., 2001; Pérez, 2006 y Roura et al., 2018).

Estos resultados permitieron mejorar y ampliar los servicios científico-técnicos de la institución, particularmente en el área del pronóstico del tiempo, se establecieron los Resúmenes de Temporadas (ciclónica y de la etapa invernal). Especialistas de la antigua URSS contribuyeron a iniciar los análisis climatológico-sinópticos mensuales, que incluyeron la confección de los mapas medios mensuales de superficie, de los principales niveles mandatorios, así como el análisis y descripción de los eventos y procesos sinópticos más significativos del mes (Meulenert, comunicación personal). Durante los años 90, especialistas cubanos comenzaron a participar en las actividades de la Organización Meteorológica Mundial (OMM), desarrollando diversas acciones internacionales de capacitación, talleres, redacción de reportes técnicos (Lecha et al., 1994b), artículos (Lecha, 1993a; 1998) y publicaciones técnicas de la organización (WCASP-33, 1995; WCASP-42, 1997; WCASP-49, 1999 y Lecha, 1999), mediante las cuales se divulgaron y aplicaron en otros países los resultados climatológico-sinópticos y las buenas prácticas existentes al respecto en Cuba.

Simultáneamente, desde Cienfuegos el Dr. Antonio de Jesús Fernández García, apoyándose en los resultados de su tesis doctoral, desarrolla investigaciones en función de perfeccionar los pronósticos del tiempo (Kivganov et al., 1986). Durante los años 90, bajo la dirección científica de este investigador, se obtienen importantes resultados en este sentido, entre ellos: la descripción del vínculo entre los procesos sinópticos, las precipitaciones y las temperaturas extremas diarias (Fernández, 1992a; 1992b). Con el conocimiento climatológico de los análogos de procesos sinópticos y su relación con las variables a pronosticar, se logran exitosos modelos de pronósticos físico-estadísticos a corto y mediano plazos (Fernández et al., 1998; Fernández y Pazos, 1998).

Posteriormente, se publica el Catálogo de los Procesos Sinópticos Objetivos (PSO) del Archipiélago Cubano (Fernández y Díaz, 2005); se identifica el vínculo entre los patrones sinópticos de comienzos del período lluvioso y la variabilidad climática en la segunda mitad del siglo XX (Fernández et al., 2005); también, se logró la aplicación exitosa de la clasificación de los PSO en España (Fernández y Martín-Vide, 2005); se establecieron las tendencias de los patrones de circulación y su influencia en las precipitaciones en Cienfuegos en el bimestre mayo-junio (Barcia y Fernández, 2006); se identificaron los patrones de otoño de la circulación a escala de macroproceso y su influencia en la distribución espacial de las precipitaciones en la mitad occidental de Cuba (Orbe et al., 2006); y se pudieron identificar los procesos sinópticos causantes de eventos y precipitaciones extremas en la región central de Cuba (Fernández et al., 2008).

También, durante la década de los años 90 del siglo pasado, se profundizó en el estudio y caracterización de los procesos sinópticos que actúan como un factor predisponente de las condiciones de sequía meteorológica en Cuba y la región del Caribe.

El primer resultado importante fue el diseño y aplicación del Sistema Nacional de Vigilancia de la Sequía (Lapinel et al., 1993). Después, el análisis de la influencia que tienen los procesos sinópticos en las variaciones y cambios del clima de Cuba (Centella et al., 1997). Posteriormente, se actualiza el Sistema Nacional de Vigilancia de la Sequía (Lapinel et al., 1998); se define la interconexión existente entre los eventos de forzamiento climático y la ocurrencia de sequía en Cuba (Lapinel et al., 2000a; 2000b) y fueron divulgadas, mediante artículos y una monografía, las bases científico-metodológicas del proceso de monitoreo y pronóstico de la sequía en Cuba (Lapinel et al., 2003a; 2003b y Fonseca, 2005).

Un apretado resumen de todo el conjunto de resultados obtenidos, que integró coherentemente los conocimientos sobre los procesos sinópticos influyentes y la ocurrencia de sequía en las Antillas Mayores, se publicó en el primer tomo de la serie “Adaptación al Cambio Climático”, dentro del marco del proyec-

to PNUD/ACDI “Desarrollo y Adaptación al Cambio Climático”, dedicado a explicar “La sequía meteorológica y agrícola en la República de Cuba y la República Dominicana” (Centella et al., 2006).

Paralelamente, desde finales de la década de los 80 otros estudios se orientan hacia temas de la Biometeorología animal y humana, actualizando la clasificación de Lapinel hasta el año 1995, para identificar las características y los tipos de situaciones sinópticas (TSS) causantes de aumentos notables de la mortalidad diaria durante la crianza de pollos de ceba importados al país (Lecha et al., 1991a; 1991b; Lecha y Linares, 1992).

Entre 1986 y 1995, se ejecutan dos proyectos quinquenales dedicados a estudiar la relación existente entre los procesos meteorológicos diarios y la cantidad diaria de personas atendidas en los servicios de urgencia médica de 17 hospitales principales de todo el país, con síntomas de varias enfermedades crónicas no transmisibles como el asma bronquial, las enfermedades cardio y cerebrovasculares, neurológicas, cefaleas, migrañas, hipertensión arterial, las infecciones agudas de las vías respiratorias superiores y neumonías (Lecha, 1992; 1993b y Lecha et al., 1996).

La contaminación atmosférica es otra rama donde se ha aplicado la clasificación de Lapinel. Cuesta et al. (1995) muestran la influencia de diversos factores meteorológicos sobre el dióxido de Nitrógeno (NO₂) troposférico en dos localidades de La Habana, analizados según los tipos de situaciones sinópticas.

Los resultados obtenidos en estas investigaciones demostraron que existe una relación específica entre los procesos meteorológicos y la salud de la población cubana, la cual determina la ocurrencia de efectos meteorotrópicos asociados a determinados TSS y a los cambios muy contrastantes del estado del tiempo, con características estacionales diferenciadas y que explican los máximos estacionales de algunas enfermedades de preferencia invernal como las respiratorias y el asma bronquial, o la preferencia estival como sucede con las enfermedades cerebrovasculares y renales.

Estos resultados permitieron la elaboración del primer sistema cubano de alerta temprana para la salud humana, diseñado de conjunto con especialistas de la Empresa GEOCUBA, utilizando el cambio en 24 horas de la densidad parcial del oxígeno en el aire (índice DOA) y los tipos de procesos sinópticos que generan condiciones de hiperoxia o de hipoxia, como indicadores de la ocurrencia de efectos meteorotrópicos a corto plazo.

La primera versión fue probada con éxito en febrero de 1995 en el Centro de Análisis del Clima de la NOAA en Washington. Después fue validado adecuadamente, durante los años 1995-1996, en centros de salud de las provincias de Cienfuegos y Villa Clara (Lecha, 1995) y los resultados se dieron a conocer internacionalmente en el marco del VIII Congreso de la Sociedad Internacional de Biometeorología celebra-

do en Slovenia (Lecha y Delgado, 1996) y mediante artículos científicos, a partir de los cuales se logró demostrar que determinados TSS tienen la capacidad de actuar como factores externos predisponentes de meteoropatías entre la población cubana (Lecha, 1996a). También, se pudo calcular el comportamiento en el país de los componentes del balance de calor del cuerpo humano (Lecha 1996b), asociado a la influencia de los diferentes TSS.

En el año 2013 se publica un importante compendio de los impactos del cambio climático y las medidas de adaptación en Cuba (Planos, et al., 2013). La obra incluye un epígrafe sobre las variaciones y cambios observados hasta el año 2008 en los procesos de la circulación atmosférica que influyen sobre Cuba, en cuyas conclusiones se afirmaba acertadamente que: “El comportamiento de los procesos de la circulación atmosférica regional en las últimas seis décadas ha estado dominado por complejas manifestaciones de la variabilidad natural del clima. Las variaciones observadas parecen ser consecuencia de los principales cambios observados en la circulación atmosférica global”.

2009-2023: Nuevas aplicaciones de la climatología sinóptica en Cuba

Con el inicio del siglo XXI, la clasificación de Lapinel de los TSS amplía sus aplicaciones prácticas: los TSS diarios se incorporan como elemento de referencia principal para evaluar las características meteorológicas de los cambios notables en 24 horas de la densidad parcial del oxígeno en el aire, indicador utilizado por el servicio de pronósticos biometeorológicos en línea que estuvo disponible desde el sitio WEB www.pronbiomet.cu, radicado en el Portal de la Ciencia de la provincia de Villa Clara durante los años 2007-2010 (Lecha et al., 2008) y que tuvo un favorable impacto en el sistema de atención primaria de salud en Cuba (De la Vega et al., 2010; 2011; De la Vega y Lecha, 2011), así como fuera de Cuba (Ortiz et al., 2009; Fernández y Lecha, 2008; 2011).

También se utilizó para estudiar el potencial energético del viento en Cuba. Carrasco et al. (2011) encontraron que la brisa de mar favorece al flujo sinóptico que entra a la costa, sobre todo cuando la influencia de la brisa de primera especie es fuerte, siendo el mejor escenario sinóptico para un buen aprovechamiento del recurso eólico. Mientras, Perdigón et al. (2012) definieron 14 condiciones sinópticas favorables (CSF) y examinaron su distribución de frecuencias por meses del período poco lluvioso del año para el aprovechamiento de la energía eólica, además, identificaron que el 47 % de los días con anomalías significativas de la rapidez media del viento estuvieron asociados con la influencia del anticiclón continental migratorio.

En la ciudad de Pinar del Río, caracterizaron la estabilidad atmosférica y altura de la capa de mezcla en

relación con los TSS (Rodríguez et al., 2015). Mientras, López et al. (2016) estudiaron la composición iónica de la lluvia y los TSS influyentes sobre Cuba. Un poco después, Lecha et al. (2020) analizan la variabilidad de los TSS influyentes sobre la región occidental de Cuba, determinan si existen tendencias en su comportamiento multianual, describen las principales características estacionales y evalúan los vínculos potenciales entre los procesos sinópticos regionales y la ocurrencia de efectos meteoro-tropicos en el país.

En el año 2020 se publica la 3era Comunicación Nacional de Cuba a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), obra relevante que actualiza los contenidos sobre las variaciones y cambios que están ocurriendo en el clima cubano, incluyendo el comportamiento de los procesos sinópticos (Planos y Gutiérrez, 2020).

Un poco antes, en la Isla de la Juventud, Soler et al. (2017) realizan la cronología de los huracanes que afectaron ese municipio especial entre 1791 y 2015; más adelante demuestran la existencia de relaciones estadísticas entre algunos tipos específicos de situaciones sinópticas y la rapidez media diaria del viento en la estación meteorológica de La Fe (Soler et al., 2021). Posteriormente, establecen las características de la rapidez media del viento en estaciones meteorológicas seleccionadas de la costa norte de Cuba para el periodo 1978-2017 (Soler et al., 2022a); hasta elaborar un método de pronóstico sinóptico-estadístico subestacional, a partir de las probabilidades predominantes de ocurrencia de la rapidez media del viento en esa zona promisoría para el aprovechamiento del recurso eólico en el país (Soler et al., 2022b).

Recientemente, Patiño et al. (2023) estudiaron el Error Medio Absoluto del pronóstico a corto plazo de la rapidez del viento para el parque eólico Gibara I, teniendo en cuenta los TSS influyentes.

Otros diversos enfoques en las investigaciones sinóptico-climatológicas se han aplicado utilizando índices o patrones de la circulación atmosférica, no relacionados con la clasificación de Lapinel. Algunos de estos resultados son: el estudio de las anomalías de las lluvias en Cuba (Fonseca, 2009); el índice de circulación de Katz para analizar la variabilidad climática de la región oriental de Cuba (Aroche et al., 2012); la valoración del efecto de los gradientes de presión en superficie sobre el campo de vientos durante el período lluvioso, en algunas provincias centro-orientales del país (Benedico et al., 2012); y el análisis de las características de la circulación atmosférica en los días con eventos notables de sequía en el occidente de Cuba (Durán, 2017).

También, se encuentran estudios sobre fenómenos meteorológicos peligrosos como: los sistemas frontales fuertes (Justiz y González, 2013) y las precipitaciones intensas (Peña et al., 2013), así como, el análisis de los frentes fríos en el occidente de Cuba (Justiz

y González, 2018) y las características de los tipos y subtipos de las bajas extratropicales (González y Pila, 2017), en los cuales se aplican criterios de clasificación basados en otros patrones sinópticos específicos, asociados a los casos en que ocurrieron los fenómenos meteorológicos peligrosos. Estos nuevos enfoques plantean diferencias a tener en cuenta al identificar, clasificar e interpretar algunos tipos complejos de situaciones sinópticas, con respecto a la clasificación de Lapinel.

Sin embargo, nombrar de manera diferente a los TSS ya identificados, o modificar una clasificación de referencia nacional con serie larga, puede provocar rupturas de la homogeneidad en las series de datos, generando subregistros temporales de los procesos bajo análisis, que afectan la representatividad climatológica de los resultados obtenidos.

En la actualidad, se dispone del resultado “Catálogo de los TSS que influyen sobre las mitades occidental y oriental de Cuba”, con información diaria del período 1970-2022, que contiene una amplia, verificada y homogénea base de datos con la clasificación actualizada de Lapinel y cuyas características se exponen a continuación.

Catálogo de los tipos de situaciones sinópticas que influyen en Cuba

La identificación de las situaciones sinópticas diarias de manera subjetiva tiene ventajas y desventajas. Como ventajas principales se pueden mencionar: la rápida identificación del patrón sinóptico influyente, el conocimiento de la dinámica espacio-temporal de los principales sistemas atmosféricos que afectan una región determinada y la rápida asociación de los tipos y subtipos con el medio ambiente atmosférico en superficie por parte del personal no especializado en el análisis de mapas del tiempo.

Como desventajas se deben considerar: el nivel de incertidumbre existente ante determinadas situaciones complejas del tiempo, que admiten más de una clasificación subjetiva. También, la escasa disponibilidad de elementos objetivos en los mapas, lleva a que diversas personas (aún bien entrenadas) pueden clasificar con tipos o subtipos diferentes una misma situación sinóptica.

Sin embargo, lo que da realmente valor climatológico a una clasificación de los procesos sinópticos, después de establecer y conciliar claramente los criterios y forma de clasificación, es su uso estable, generalizado y sin grandes cambios metodológicos durante el mayor tiempo posible.

Un problema práctico que se debe atender, muy específico de Cuba, es el área geográfica que se considera para elaborar los mapas del tiempo en el Instituto de Meteorología, que es muy pequeña y no es posible apreciar la secuencia de los procesos sinópticos que van a influir sobre el territorio nacional en el plazo de

hasta 3 días, restando información valiosa al analista sobre su evolución o la estabilidad de la situación sinóptica que influye sobre el país.

Cuba es un archipiélago que tiene forma alargada y estrecha orientada de oeste a este. En su territorio se ubican cuatro importantes grupos montañosos y el estado del tiempo resulta modificado por factores de la mesoescala y locales. Por esas razones, un mismo tipo de situación sinóptica puede dar lugar a complejos mosaicos de estados del tiempo diarios a lo largo del país, los cuales no se ajustan a la actual clasificación geográfica del territorio cubano en tres regiones: occidental, central y oriental; sino que producen asociaciones mucho más complejas con los distintos paisajes geográficos existentes.

Sin embargo, la posición geográfica de Cuba la ubica muy cerca del Trópico de Cáncer, que es la frontera climatológica meridional entre los procesos tropicales y extratropicales del hemisferio Norte, pero la posición alargada y estrecha del territorio determina que en la parte occidental son mayores los impactos de los procesos extratropicales; mientras que, en la parte oriental son mayores los impactos de los procesos tropicales. Por tanto, en alrededor del 40 % de los días del año, diferentes situaciones sinópticas afectan a las dos mitades del país (Soler et al., 2020b), haciendo recomendable separar la clasificación diaria de los procesos sinópticos en dos partes: la mitad occidental, extendida desde la provincia de Pinar del Río hasta la provincia de Sancti Spiritus, incluyendo a la Isla de la Juventud; y la mitad oriental desde Ciego de Ávila hasta Guantánamo.

Teniendo en cuenta estos elementos de juicio, los años transcurridos desde su creación, y que, a pesar de todo el trabajo realizado desde el punto de vista científico, faltaba conectar la definición regional de los procesos sinópticos y su posible influencia sobre la escala local o de impacto, con la dinámica de la circulación general de la atmósfera. Fue necesario realizar una actualización integral de la clasificación de Lapinel, para establecer nuevos criterios estandarizados y homogéneos que respetaran los contenidos originales, pero especificando con detalles los criterios de clasificación, los cambios o adiciones que han sido agregados en cada tipo o subtipo, y asegurar así la continuidad y correcta actualización de la misma base de datos a través de un largo período de tiempo cronológico.

Para dar respuesta a esta necesidad se diseñó y ejecutó satisfactoriamente durante el bienio 2018-2019 el proyecto “Influencia de los procesos de la circulación atmosférica en la génesis de los efectos meteorotrópicos que ocurren en Cuba”, más conocido como proyecto MEC-TSS, siendo su resultado más relevante el Catálogo de los TSS influyentes sobre Cuba (Soler et al., 2020b), que respetando la metodología original de clasificación de los TSS que influyen sobre la mitad occidental y oriental de Cuba, ha completado una base

de datos diarios estandarizada, validada y actualizada para el período 1970-2022.

La clasificación utiliza una ventana geográfica que abarca el hemisferio occidental, desde los 0° hasta los 180° de longitud oeste y desde el Ecuador hasta el polo Norte. En su versión actual, la clasificación se organiza taxonómicamente en cuatro grupos básicos, ocho tipos y 19 subtipos (Lecha et al., 2020). Los grupos están dados por los procesos sinópticos principales: anticiclónicos, frontales, ciclónicos y débiles gradientes de presión.

El Catálogo de los TSS que influyen sobre Cuba define los principios para la determinación de las categorías correspondientes a ambas mitades de Cuba durante el proceso de clasificación subjetiva, establece las descripciones y los patrones isobáricos para los 19 subtipos de situaciones sinópticas, desarrolla con amplitud la climatología de los TSS que influyen sobre la mitad occidental y la oriental de Cuba, incluyendo frecuencias mensuales, marchas multianuales y anomalías observadas. Como novedad incorpora un grupo de criterios de revisión de incompatibilidades entre las clasificaciones de ambas mitades de Cuba. La actualización, revisión y análisis detallado de los tipos de situaciones sinópticas que influyen sobre Cuba es realizada anualmente.

La circulación de la atmósfera constituye uno de los factores que determinan el clima local, pero hasta la ejecución del proyecto, no se disponía de evidencias que pusieran de manifiesto la importancia de los procesos sinópticos influyentes en la definición de las características específicas del clima de las mitades occidental y oriental de Cuba.

Uno de los primeros resultados fue demostrar que existe una relación específica entre los tipos de circulación, correspondientes a los macroprocesos de la región América del Norte definidos por Dzerdzeevskii y las características de los tipos de situaciones sinópticas que influyen sobre las mitades occidental y oriental de Cuba (Soler et al., 2020a). También, que la expresión en superficie del proceso de intercambio de masa y energía se manifiesta mediante varios TSS, que poseen una estacionalidad definida. Este hecho ya había sido expuesto por Lecha (2018; 2019), en el contexto del monitoreo regional de los efectos meteorotrópicos sobre Norteamérica y el Caribe, señalando que la ocurrencia periódica sobre Cuba de potentes corrientes en chorro subtropicales, contribuyen al intenso proceso de intercambio meridional sobre el occidente del país.

El Catálogo ofrece una cantidad apreciable de información, que permite profundizar en el conocimiento de la circulación atmosférica como uno de los factores principales en la formación del clima, y aporta nuevos elementos sobre las características de los principales procesos sinópticos que afectan a Cuba, incorpora nuevos conceptos y enriquece la clasificación original de Lapinel, incluyendo la propuesta de nuevos TSS o subtipos, como es el caso de los frentes cálidos que influyen sobre el país, aunque con baja frecuencia.

Los resultados relacionados, publicados después de 2019, (Lecha et al., 2020; Soler et al., 2020a; 2021; 2022a; 2022b y Patiño et al., 2023) constituyen aplicaciones diversas del Catálogo de los TSS que influyen sobre Cuba, obtenidas por primera vez con criterios de clasificación homogéneos, empleando una base de datos confeccionada según los principios establecidos, lo que representa un estado cualitativo superior en la evolución de las investigaciones sobre las situaciones sinópticas en Cuba.

La labor de investigación realizada en las últimas décadas ha sido intensa. Al iniciar el tercer decenio del siglo XXI se lucha por crear una conciencia mundial sobre la existencia real de un cambio significativo en el clima global, producto de las propias actividades humanas, se dan respuestas a la necesidad de diseñar e implementar sistemas de alertas tempranas para el enfrentamiento a las consecuencias ya visibles del cambio climático, a partir de enfoques metodológicos convergentes, y se logra un consenso científico de apreciable valor, para garantizar las acciones posteriores que darán continuidad al desarrollo de las investigaciones en el campo de la climatología de los procesos sinópticos.

CONCLUSIONES

El valor científico de la clasificación de Dzerdzevskii, como serie larga temporal categórica de los mecanismos elementales de circulación, está en presentar una visión directa, sencilla y apropiada de las direcciones principales y puntos de bloqueo de los flujos globales y regionales de masa y energía, asociados al funcionamiento de los principales sistemas sinópticos (altas y bajas presiones), logrando expresar la dinámica sincrónica de la circulación atmosférica de ambos hemisferios como el fundamento físico de las variaciones del clima global; para lo que resulta esencial desde el punto de vista metodológico, que se haya logrado la homogeneidad en los criterios de clasificación durante un largo período de trabajo.

Se establece una periodización cronológica para los estudios sobre los tipos de situaciones sinópticas que influyen en Cuba, con una primera etapa (siglos XIX y XX hasta 1980) marcada por los trabajos de Viñes, otros dispersos durante un largo periodo y las primeras colaboraciones de especialistas soviéticos. Le sigue un segundo periodo (1980-2008), donde se desarrollan estudios propios con resultados relevantes, a partir de la formación de doctores en la antigua URSS y en Cuba, así como, los aportes vinculados al Laboratorio Conjunto Cuba-URSS de Meteorología Tropical; y la etapa actual (2008-2023) caracterizada por los estudios de sequías, energías renovables, cambios en el clima, la 3era comunicación nacional para la CMNUCC y el Catálogo de los TSS con la clasificación de Lapinel.

Se dispone del Catálogo de los TSS que influyen en el área geográfica de interés para Cuba (nivel regional), que puede contener la clasificación de referencia nacional si actualiza anualmente su contenido para mantener la homogeneidad y vigencia de las series temporales de datos en ambas mitades del país. Esto garantiza el análisis comparable de la variabilidad climática regional y global con el comportamiento de las situaciones sinópticas que influyen sobre Cuba. También, favorece el desarrollo homogéneo de los estudios climatológico-sinópticos requeridos, en función de las nuevas necesidades de conocimientos y enfoques metodológicos, para clasificar los procesos sinópticos que influyen sobre Cuba.

RECONOCIMIENTOS

Los autores desean dejar constancia de su reconocimiento, post mortem, a los investigadores Mario Emilio Rodríguez Ramírez (1911-1996), Arnaldo Pedro Pablo Alfonso Fernández (1946-1996), Maritza Ballester Pérez (1949-2016) y Antonio de Jesús Fernández García (1953-2006), por sus relevantes aportes a la Climatología Sinóptica cubana, por su dedicación a esta ciencia y el valioso trabajo científico, operativo y de formación profesional llevado a cabo durante sus vidas.

REFERENCIAS

- Aguilar, G., Carnesoltas, M., Fernández, C. y Naranjo, L. (2005). Climatología de las Tormentas Locales Severas en Cuba en el período 1987-2002. Resultados de la modelación de un caso de estudio. *Rev. Cubana de Meteorología*, 12(1), enero-junio: 3-10.
- Alfonso, A. (1994). Climatología de las tormentas locales severas de Cuba. Cronología. Ed. Academia, la Habana; 168 p. ISBN 959-02-0060-5.
- Aroche, R., Pomares, I., Varela, N., Masó, N. y Fernández, N. (2012). El índice de circulación de Katz. Una aplicación en investigaciones sobre variabilidad climática regional. *Rev. Cubana de Meteorología*, 18(1), enero-junio: 100-111. ISSN 0864-151X.
- Barcia, S. y Fernández A.J. (2006). Tendencia de los patrones de circulación y su influencia en las precipitaciones en Cienfuegos en el bimestre mayo-junio. *Rev. Cubana de Meteorología*, 13(2): 67-80.
- Barry, R. G. y Perry, A. H. (1973). Synoptic Climatology. Methods and Applications. Ed. Methuen and Co.; 572 p.
- Benedico, O., Fernández, A.J. y Barcia, S. (2012). Patrones de circulación asociados a los entornos de gradiente de presión en superficie para el período lluvioso y su relación con el campo de viento y las precipitaciones sobre Sancti Spiritus, Ciego de Ávila y Camagüey, Cuba. *Rev. Cubana de*

- Meteorología*, 18(2), julio-diciembre: 138-151. ISSN 0864-151X.
- Brenčić, M. (2016). Statistical Analysis of Categorical Time Series of Atmospheric Elementary Circulation Mechanisms Dzerdzeevski Classification for the Northern Hemisphere. *PLoS ONE* 11(4): 1-24. doi: [10.1371/journal.pone.0154368](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0154368).
- Carrasco, M., Roque A. y Carnesolta, M. (2011). Caracterización de la brisa de mar. Sus efectos en el aprovechamiento de la energía eólica. Estudio de dos casos. *Rev. Cubana de Meteorología*, 17(1): 27-45. ISSN: 0864-151X.
- CenClim, colectivo de autores (1989). Los recursos climatoterapéuticos de Cuba [inédito]. Centro del Clima del Inst. de Meteorología, la Habana; 276 p.
- Centella, A., Naranjo, L., Paz, L., Cárdenas, P., Lapinel, B. y Ballester, M. (1997). Variaciones y cambios del clima en Cuba. Informe CNC-INSMET, la Habana, 58 p.
- Centella, A., Lapinel, B., Solano, O., Vázquez, R., Fonseca, C., Cutié, V. y otros (2006). La sequía meteorológica y agrícola en la República de Cuba y la República Dominicana, 174 p.
- Cuestas, O., Toledo, H. y Vidaillet, J. (1995). Características del NO₂ y los tipos de situaciones sinópticas en 2 localidades de la Ciudad de La Habana. *Revista Cubana Higiene Epidemiología*, 33(1), ene.-jun: 7 p. ISSN 1561-3003.
- Davitaya, F.F. y Trusov I.I. (1965). Los recursos climáticos de Cuba. Su utilización en la economía nacional. Ed. ACC-INRH, La Habana; 68 p., 8 mapas.
- De la Vega, T., Pérez, V., Alerm, A. y Lecha, L. (2010). El asma bronquial y su asociación con los cambios de tiempo. *Rev. Cubana de Medicina General Integral*, octubre-diciembre, 26(4): 665-672. ISSN 0864-2125.
- De la Vega, T., Pérez, V., Alerm, A. y Lecha, L. (2011). Estrategia de intervención para la monitorización y reducción de las crisis de asma bronquial aplicando un sistema de alerta temprana. *Rev. Cubana de Medicina General Integral*, abril-junio, 27(2): 754-763. ISSN 0864-2125.
- De la Vega, T y Lecha, L. (2011). Prevención y mitigación de los efectos del estado del tiempo sobre la salud humana. Parte I: las crisis agudas de asma bronquial. En: *Salud y Desastres. Experiencias Cubanas*, Parte II. Ed. Ciencias Médicas, La Habana: 85-98. ISBN 978-959-212-547-6.
- Durán, I. (2017). Circulación atmosférica y días con lluvia durante eventos significativos de sequía en el occidente de Cuba. *Rev. Cubana de Meteorología*, 23(3): 349-362. ISSN 0864-151X.
- Dzerdzeevskii, B.L. (1968). Los mecanismos de la circulación de la atmósfera en el hemisferio norte en el siglo XX [en ruso]. *Resultados de Investigaciones durante el Año Geofísico Internacional. Circulación Atmosférica*. Ed. Instituto Geografía, A.C. de la URSS, Moscú.
- Fernández, A.J. (1987). Métodos sinóptico-estadísticos de análisis y pronóstico de las temperaturas extremas y las precipitaciones en el territorio de Cuba [en ruso]. Tesis en opción del grado de Dr. en Ciencias Geográficas, Instituto Hidrometeorológico de Odessa, URSS, 260 p. (inédito).
- Fernández, A.J. (1992a). Procesos sinópticos del período poco lluvioso y las precipitaciones diarias. *Rev. Cubana de Meteorología*, 5(2): 35-39.
- Fernández, A.J. (1992b). Los procesos sinópticos y el campo de las temperaturas extremas diarias. *Rev. Cubana de Meteorología*, 5(2): 51-62.
- Fernández, A.J. y Pazos, C. (1998). Pronóstico trihorario del viento en la provincia de Ciego de Ávila. Ed. Academia, la Habana; 33 p. ISBN 952-02-0231-4.
- Fernández, A.J., Santana, O., Pino, M., González, J., Pérez, J. y otros (1998). PROMETEO: Sistema de pronóstico objetivo de variables meteorológicas. Ed. Academia, la Habana; 34 p. ISBN 952-02-0231-4.
- Fernández, A.J. y Díaz, Y.A. (2005). Catálogo de procesos sinópticos del archipiélago cubano en el período 1979-1998. Ed. INSMET, CMP de Cienfuegos; 167 p.
- Fernández, A.J. y Martín Vide, J. (2005). Cambios en los patrones estivales de circulación en Europa Centro-Occidental, en la segunda mitad del siglo XX. Precipitaciones asociadas en la península Ibérica. *Rev. Cubana de Meteorología*, 12(1): 11-19.
- Fernández, A.J., Barcia, S., Orbe, G. y Díaz, Y.A. (2005). Patrones sinópticos de comienzos del período lluvioso y su nexa con la variabilidad climática en la segunda mitad del siglo XX. *Rev. Cubana de Meteorología*, 12(2): 88-93.
- Fernández, A.J., Orbe, G., Barcia, S., Núñez, E., González, C., Llanes, M.T. y otros (2008). Eventos y patrones de precipitaciones extremas en la región central de Cuba. *Rev. Cubana de Meteorología*, 14(1): 32-44.
- Fernández, P. y Lecha, L. (2008). Validación en el norte de España de dos sistemas de alerta sanitarios basados en la idea del contraste meteorológico extremo. En: *Pub. Asoc. Española de Climatología: El cambio climático regional y sus impactos*, Serie A, 6. ISBN: 978-84-612-6051-5.
- Fernández, P. y Lecha, L. (2011). Validación del servicio global de pronósticos biometeorológicos. Resultados de Cuba y España. En: *Salud y Desastres. Experiencias Cubanas*, Parte II. Ed. Ciencias Médicas, La Habana: 35-45. ISBN 978-959-212-547-6.

- Fonseca, C. (2005). Cambios en la posición e intensidad del anticiclón del Atlántico y modificación en el régimen de las lluvias en Cuba. *Rev. Cubana de Meteorología*, 12(2): 25-34.
- Fonseca, C. (2009). Índices de circulación atmosférica y anomalías de la lluvia en Cuba. *Rev. Cubana de Meteorología*, 15(1): 3-13. ISSN 0864-151X.
- Frakes, B. y Yarnal B. (1997). "A procedure for blending manual and correlation-based synoptic classifications". *Intern. Jour. Clim.* 17: 1381-1396.
- González, C. (1999). Climatología de los frentes fríos que han afectado a Cuba desde 1916-1917 hasta 1996-1997. *Rev. Cubana de Meteorología*, 6(1): 15-19.
- González, C. y Pila, E. (2017). Caracterización de las bajas extratropicales en el occidente de Cuba. *Rev. Cubana de Meteorología*, 23(1): 20-42. ISSN 0864-151X.
- Gutiérrez Lanza, M. (1928). Los huracanes de las Antillas. Génesis y evolución del huracán del 20 de octubre de 1926 y Catálogo de Ciclones de la isla de Cuba de 1865 a 1926. Ed. Bruno del Amo, la Habana – Madrid; 254 p.
- Hoy, A., Sepp, M. y Matschullat, J. (2011). Spatial response and temporal development (1901 – 2010) of two manual atmospheric circulation classifications in Europe. Presentation Technische Universität Bergakademie Freiberg, 19 p.
- Huth, R., Beck, C., Philipp, A., Demuzere, M., Ustrnul, Z., Cahynová, M., Kyselý, J. y Tveito, O. E. (2008). Classifications of Atmospheric Circulation Patterns. Recent Advances and Applications. Trends and Direction in Climate Research: *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, 1146, 105-152.
- ICGC, Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía (1990). Estudio de los grupos insulares y zonas litorales del archipiélago cubano con fines turísticos. Cayos Francés, Cobos, Las Brujas, Ensenachos y Santa María. Ed. ACC-ICGC, La Habana; 284 p. y 17 mapas temáticos.
- Jústiz, A. y González, C. (2013). Circulación troposférica asociada a los frentes fríos fuertes que afectaron a Cuba en el período 1950-2008. *Rev. Cubana de Meteorología*, 19(1): 26-43. ISSN 0864-151X.
- Jústiz, A. y González, C. (2018). Patrones sinópticos troposféricos asociados a los frentes fríos en el occidente de Cuba. *Rev. Cubana de Meteorología*, 24(2): 159-174. ISSN 0864-151X.
- INSMET (2019). Influencia de los procesos de la circulación atmosférica en la génesis de los efectos meteorotrópicos que ocurren en Cuba. Parte 1: Fundamentos para la prevención y mitigación de sus impactos. Informe Final de proyecto, Inst. Meteorología, La Habana; 97 p.
- Kivganov, A.F., Ivus, G.P. y Fernández, A.J. (1986). Investigación sobre la mesoestructura del campo de la temperatura en la región occidental de la isla de Cuba [en ruso]. *Rev. Meteorología, Climatología e Hidrología*, 22: 56-62.
- Kononova, N.K. (2009). Clasificación de los Mecanismos Elementales de Circulación del hemisferio norte según el método de B.L. Dzerdzeevskii [en ruso]. Ed. Instituto Geografía, Academia de Ciencias de Rusia, Moscú, 372 p. ISBN 978-5-89658-037-9.
- Lapinel B (1988). La circulación atmosférica y las características espacio-temporales de las lluvias en Cuba. Tesis en opción del grado de Dr. en Ciencias Geog. Instituto de Meteorología, La Habana; 147 p. (inédito).
- Lapinel, B., Rivero, R.E., Cutié, V., Rivero, R.R., Varela, N. y Sardiñas, M. (1993). Sistema Nacional de Vigilancia de la Sequía: análisis del período 1931-1990. Informe CMP Camagüey, INSMET, 45 p.
- Lapinel, B., Varela, N. y Cutié, V. (1998). Sequía, aridez y desertificación. Términos de referencia: Nueva Versión del Sistema Nacional de la Sequía. Informe CMP Camagüey, INSMET, 56 p.
- Lapinel, B., Pérez, D., Cutié, V., Fonseca, C., Aroche, R. y otros (2000a). Interconexión entre eventos en la categoría de forzamiento climático y la ocurrencia de sequía en Cuba. Informe de Resultado del proyecto 01301017 "Causas de la sequía en Cuba y su pronóstico. INSMET, La Habana, 53 p. y 3 anexos.
- Lapinel, B., Rivero, R.E., Aroche, R., Rivero, R.R., Pérez, D., Cutié, V. y otros (2000b). Causas de la sequía en Cuba y su pronóstico. Informe de Resultado, INSMET, La Habana; 114 p.
- Lapinel, B., Pérez, R., Aroche, R., Cutié, V., Pérez, D., Báez, R. y otros (2003a). La sequía de corto período durante los meses de abril, mayo y junio de 1998 en Cuba. *Rev. Brasileira de Meteorología*, 18(2): 131-138.
- Lapinel, B., Fonseca, C., Cutié, V., Pérez, D., Aroche, R., Báez, R. y otros (2003b). Monografía del proyecto 0421 "La sequía en Cuba". INSMET; 243 p.
- Lecha, L. y Fernández, A.J. (1978). Condiciones hidrometeorológicas de la zona de construcción de la CEN de Juraguá, Cienfuegos, Cuba [en ruso]. En: Proyecto técnico de la CEN-Juraguá, Cienfuegos, Cuba. Techno-Energo-Export, Moscú, 3-17 p.
- Lecha, L. (1984). Principales características del clima de la región central de Cuba [en ruso]. Tesis en opción del grado de Dr. en Ciencias Geográficas. Instituto Geografía, AC URSS, Moscú, 132 p. (inédito).
- Lecha, L. y Llanes, A. (1988). Características estacionales de la circulación atmosférica sobre Cuba. *Revista Cubana Meteorología*, 1(1): 49-56.
- Lecha, L., Morosov, V., Nieves, M.E. y Sardiñas, M.E. (1990). La influencia anticiclónica

- continental sobre Cuba. Tipos de circulación asociados en superficie. *Rev. Cubana Meteorología*, 3(1): 26-41.
- Lecha, L., Acosta, T., Pérez, M., Taboada, P. y Ávila, M. (1991a). Efectos del tiempo y el clima sobre la crianza de aves de ceiba (Parte I). *Rev. Cubana Ciencias Avícolas*, 18(2): 184-192.
- Lecha, L., Acosta, T., Pérez, M., Taboada, P. y Ávila, M. (1991b). Efectos del tiempo y el clima sobre la crianza de aves de ceiba (Parte II). *Rev. Cubana Ciencias Avícolas*, 18(3): 196-199.
- Lecha, L. (1992). Efectos del tiempo y el clima sobre la salud humana. *Rev. Finlay*, 6(3-4): 126-136.
- Lecha, L. y Linares, F. (1992). El golpe de calor en la avicultura. Propuestas para su control y pronóstico. *Rev. Cubana de Ciencias Avícolas*, 19(1): 4-8.
- Lecha, L. (1993a). "Características climatológicas de las sensaciones de bienestar y calor sofocante en el archipiélago cubano". *Rev. Cien Tierra y Espacio*, 20(1): 54-67.
- Lecha, L. (1993b). Estudio bioclimático de la provincia de Cienfuegos. Ed. Academia, La Habana; 131 p.
- Lecha, L., Paz, L.R. y Lapinel, B. (1994a). El clima de Cuba. Ed. Academia, La Habana; 186 p.
- Lecha, L., Nieves, M.E., y Paz, L. (1994b). Report to the Technical Conference on Tropical Urban Climates. Dhaka, Bangladesh, WCASP-30, WMO/TD 647: 367-371.
- Lecha, L. (1995). Una aproximación al pronóstico de algunas enfermedades del hombre a partir de predictores meteorológicos. *Rev. Medicentro*, 11(2): 16-24.
- Lecha, L. (1996a). Effects of climate variability on the health of the Cuban population. *Climate, Climate Change and Impacts (focus on Central and Latin America)*. Ed. L. Nkemdirim, Commission on Climatology, IGU, July: 31-38.
- Lecha, L. (1996b). The heat balance of the human body into the tropics and its influence on health. *Climate, Climate Change and Impacts (focus on Central and Latin America)*. Ed. L. Nkemdirim, Commission on Climatology, IGU, July: 39-47.
- Lecha, L. y Delgado, T. (1996). On a regional health watch and warning system. *Proceeding of 14th Int. Congress of Biometeorology*, Ljubljana, Slovenia, Vol. 3: 94-107.
- Lecha, L., Guevara, V., Ortiz, P., León, A., Seguí, M., Linares, G. y Sistachs, V. (1996). Efectos del clima y el tiempo sobre la salud humana en las condiciones del trópico húmedo. Informe Final del proyecto 408508, INSMET, La Habana; 208 p.
- Lecha, L. (1998). Biometeorological classification of daily weather types for the humid tropics. *Intern. Journal Biometeorology*, 42(2): 77-83. doi.org/10.1007/s004840050088.
- Lecha, L. (1999). Climate variability and human health in Cuba. *Boletín de la OMM*, 48(1): 18-22. https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=6868.
- Lecha, L., Ciómina, E., Estrada, A., Moya, A. y Gómez, E.C. (2008). Pronósticos biometeorológicos: vía para reducir las crisis de salud. El caso de Sagua la Grande. *Rev. Cubana de Salud Pública*, 34(1), enero-marzo: 14-21.
- Lecha, L. (2018). Biometeorological forecasts for health surveillance and prevention of meteor-tropic effects. *Intern. Journal Biometeorology Special issue for Latin America and the Caribbean*, 62(5); 741-771. DOI [10.1007/s00484-017-1405-2](https://doi.org/10.1007/s00484-017-1405-2).
- Lecha, L. (2019). Pronósticos Biometeorológicos (eBook). Ed. Citmatel, La Habana; 210 p. ISBN 978-959-237-752-3.
- Lecha, L., L. Sánchez, Y. Verdecia, E. Soler y A. Sánchez (2020): Variabilidad de los tipos de situaciones sinópticas influyentes sobre el occidente de Cuba. *Rev. Cubana de Meteorología*, 26(2): 1-18. ISSN: 2664-0880.
- López, R., E. García, A. Collazo, P. J. Expósito y A. J. Perdomo (2016). Composición iónica de la lluvia y tipos de situaciones sinópticas en Cuba: Efectos en la contaminación atmosférica. *Rev. Cubana de Meteorología*, 22(2): 141-149. ISSN: 0864-151X.
- Marrero, L. y Pila, E. (2022). Patrones sinópticos asociados con el comportamiento estacional de los frentes fríos en Cuba. *Rev. Cubana de Meteorología*, 28(4), octubre-diciembre: 1-10. ISSN 2664-0880.
- Meulenert, A. (1982). Los ciclones tropicales del océano Atlántico y su pronóstico [en ruso]. Tesis en opción del grado científico de Doctor en Ciencias Geográficas, Servicio Hidrometeorológico de la URSS, Moscú, abril; 142 p.
- Nuevo Atlas Nacional de Cuba (1987). Sección VI: El clima y los recursos climáticos (16 mapas, 4 diagramas y 8 tablas). Ed. ACC y Cartográfica Española S.A., Madrid - La Habana.
- O'Donnell, L. (1847). Cuadro Estadístico de la Isla de Cuba, correspondiente al año 1846. Ed. Imprenta del Gobierno y Capitanía General de S.M., La Habana; 345 p.
- Olmsted, V.H. (1908). Censo de la República de Cuba de 1907. Bajo la administración provisional de los Estados Unidos. Capítulo 3 El Clima. Oficina del Censo de los EE.UU., Washington; 772 p.
- Orbe, G., Fernández, A.J. y Barcia, S. (2006). Patrones otoñales de circulación a escala de macroproceso y su influencia en la distribución espacial de las precipitaciones en la mitad occidental de Cuba. *Revista Cubana Meteorología*, 13(2): 91-100.
- Ortiz, R. (1987). Reseña histórica de la Meteorología en Cuba. Ed. ACC, Conferencias y Estudios de Historia y Organización de las Ciencias, La Habana, 53; 13 p. ISSN 0864 – 1463.

- Ortíz, P.L., Lecha, L., Rivero, A. y Rodríguez, A. (2009). Assessment of Human Health Vulnerability in Cuba due to Climate or Weather Variability and Change. En: Global warming and climate change: ten years after Kyoto and still counting. Vol. 2, Cap. 38: 847-885. ISBN 9781578085392.
- Patíño, D., Roque, A. y Soler, E. (2023). EMA del pronóstico a corto plazo de la rapidez del viento para el parque eólico Gibara I según el TSS influyente. *Rev. Cubana de Meteorología*, 29(3): 1-10. ISSN: 2664-0880.
- Peña de la Cruz, A., Moya, A., Delgado, R., Hernández, C., Machado, A., Perigó, E. y Beltrán, L. (2013). Patrones sinópticos que generan lluvias intensas capaces de producir inundaciones en el municipio de Baracoa. *Rev. Cubana de Meteorología*, 19(2): 113-126. ISSN 0864-151X.
- Perdigón, J., Rodríguez, G. y Roque, A. (2012). Condiciones sinópticas más favorables para el aprovechamiento de la energía eólica en Cuba. Período poco lluvioso. *Rev. Cubana de Meteorología*, 18(2): 243-258, ISSN: 2664-0880.
- Pérez, R., Vega, R. y Limia M. (2001). Los huracanes más intensos y desastrosos de Cuba en los últimos dos siglos. *Bol. SOMETCUBA* [en línea], 7(2), Art 3-1; 21 p.
- Pérez, R. (2006). Cronología de los Huracanes de Cuba. Probabilidad de afectación por huracanes en cada provincia de Cuba. Informe abreviado. Instituto de Meteorología, AMA – CITMA, la Habana, Cuba. 8 p. (inédito).
- Planos, E., Vega, R. y Guevara, A., Editores (2013). Impacto del cambio climático y medidas de adaptación en Cuba. INSMET-AMA-CITMA, La Habana; 430 p.
- Planos, E. y Gutiérrez, T., Editores (2020). Cuba: 3era Comunicación Nacional a la CMNUCC, Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, La Habana; 403 p. ISBN: 978-959-300-170-0.
- Ramos, L.E. (1996). Benito Viñes (s.j.) Estudio Biográfico. Ed. Academia, La Habana, 128 p.
- Ramos, L.E. (2005). Instituto de Meteorología. Expresión de una ciencia en Revolución. Ed. Academia, La Habana; 263 p.
- Rodríguez, D., Quintero, A., González, Y., Cuestas, O. y Sánchez, A. (2015). “Variación de la estabilidad y la altura de la capa de mezcla en la ciudad de Pinar del Río: su relación con condiciones sinópticas. *Rev. Brasileira de Meteorología*, 30(1): 1-15. <http://dx.doi.org/10.1590/0102-778620140014>
- Rodríguez, M., González, C. y Valdés, J. (1984). Cronología de los frentes fríos que han afectado a Cuba desde la temporada de 1916-1917 hasta la temporada de 1982-1983 (67 temporadas). *Rep. de Invest. Meteorológicas*, 9, INSMET; 15 p.
- Rodríguez, M. y Ballester, M. (1987a). Los “Sures” que han afectado a la mitad occidental de Cuba. Cronología Clasificada. En: *Nuevo Atlas Nacional de Cuba. Sección VI: El Clima*. Ed. ACC – Cartográfica Española, S.A., La Habana – Madrid.
- Rodríguez, M. y Ballester, M. (1987b). Cronología de los huracanes que han afectado a Cuba en los últimos 200 años (1785-1984). En: *Nuevo Atlas Nacional de Cuba. Sección VI: El Clima*. Ed. ACC – Cartográfica Española, S.A., La Habana – Madrid.
- Roura-Pérez, P., Sistach, V., Vega, R. y Alpizar M. (2018). Caracterización estadística climatológica de huracanes en Cuba durante el periodo 1791-2016. *Rev. Cubana de Meteorología*, 24(3): 304-312. ISSN 0864-151X.
- Rubiera, J.M. (1991). Pronóstico de precipitaciones en cinco días para Cuba. Tesis en opción del grado científico de Dr. en Ciencias Geográficas, Instituto de Meteorología, La Habana; 124 p.
- Sardiñas, M.E., Nieves, M.E., Lecha, L. y Morosov, V. (1990). Características de la circulación atmosférica invernal influyente en los estados del tiempo. *Rev. Cubana de Meteorología*, 3(1): 76-86.
- Sávina, S.S. y Khmelevskaya, L.V. (1984). La Circulación de la Atmósfera. Dinámica de los procesos de la circulación atmosférica durante el siglo XX [en ruso]. En: *Materiales de las Investigaciones Meteorológicas*, 9. Ed. Comité Geofísico de la URSS e Instituto Geografía, AC de la URSS, Moscú, 116 pp.
- Salcedo, P.C. (1945). Censo de la República de Cuba 1943. Capítulo III El Clima. Junta Nacional del Censo, La Habana; 1372 p.
- Soler, E., Pérez, R., Borrego, R. y Pérez, D. (2017). Huracanes que afectaron a la Isla de la Juventud. Cronología desde 1791 a 2015. *Revista Cubana de Meteorología*, 23(2): 164-177. ISSN: 0864-151X.
- Soler, E., L. M. Sánchez, L. B. Lecha, Y. Verdecia (2020a). Los mecanismos elementales de circulación en América del Norte y su relación con las situaciones sinópticas que influyen sobre la mitad occidental de Cuba. *Rev. Cubana de Meteorología*, 26(sp): 1-18. ISSN: 2664-0880.
- Soler, E., Lecha, L. B., Sánchez, L. M. y Verdecia Y. (2020b). Catálogo de los Tipos de Situaciones Sinópticas que influyen sobre Cuba. Informe Científico Técnico, Instituto de Meteorología, 59 p.
- Soler, E., Sánchez, L. M., Lecha, L. B. y Verdecia, Y. (2021). Los tipos de situaciones sinópticas que influyen sobre la mitad occidental de Cuba y su relación con la rapidez media del viento en La Fe, Isla de la Juventud. *Rev. Cubana de Meteorología*, 27(3): 14p. ISSN: 2664-0880.
- Soler, E., Sánchez, L. M., Verdecia, Y. y Lecha, L. B. (2022a). Caracterización sinóptico-climatológica de la rapidez media del viento en la costa norte de la mitad oriental de Cuba. *Rev. Cubana de Meteorología*, 28(4): 1-11. ISSN: 2664-0880.
- Soler, E., Sánchez, L. M., Verdecia, Y. y Rojas, N. (2022b). Probabilidades predominantes de

- ocurrencia de la rapidez del viento en la costa norte del oriente de Cuba. *Rev. Cubana de Meteorología*, 28(4), 15 p. ISSN: 2664-0880.
- Stanolevic, G. (2010). The Classifications of Atmospheric Circulation. *Journal of the Geographical Institute "Jovan Cvijic"*, 60(2): 27-37.
- Trusov, I.I. (1967). Las precipitaciones en la Isla de Cuba. Ed. INRH, La Habana, 64 p., 9 mapas.
- Trusov, I.I., Izquierdo, A. y Díaz, L.R. (1983). Características espaciales y temporales de las precipitaciones atmosféricas en Cuba. Ed. Academia, La Habana; 162 p., 10 mapas.
- Vázquez, E. (1939). Nueva orientación en los estudios ciclónicos. Naturaleza de las rachas ciclónicas. Ed. Hermes, la Habana; 66 p.
- Viñes, B. (1878). Apuntes relativos a los huracanes de las Antillas de septiembre y octubre de 1875 y 1876. Ed. Tipografía y Papelería El Iris, La Habana; 258 p.
- Viñes, B. (1895). Investigaciones relativas a la circulación y traslación ciclónica en los huracanes de las Antillas. Observatorio Magnético y Meteorológico del Real Colegio de Belén. Imprenta del "Avisador Comercial, Ed. Pulido y Díaz, La Habana; 79 p.
- WCASP-33 (1995). Report from the meeting of experts on climate, tourism and human health. Topes de Collantes, Cuba, 22-29 de enero. WMO/TD 682, Ginebra, Suiza.
- WCASP-42 (1997). Report to the twelfth session of the commission for climatology. Tourism and Recreation. WMO/TD 822, Ginebra, Suiza.
- WCASP-49 (1999). Report of the planning meeting for the Sanghai CLIPS showcase project: heat/health warning system. Sanghai, China, 6-8 octubre. WMO/TD 984, Ginebra, Suiza.
- Yarnal, B. (1993). *Synoptic Climatology in Environmental Analysis*. Belhaven Press, London, 200 p.
- Yarnal, B. y Draves, J.D. (1993). A synoptic climatology of stream flow and acidity. *Climate Research*, 2: 193-202.
- Yarnal, B., A. Comrie, B. Frakes y D. Brown (2001). "Developments and Prospects in Synoptic Climatology". *Intern. Jour. Clim.*, 21: 1923-1948.